

Prototipe Sistem Penyimpanan Berkas Berbasis *Blockchain* Menggunakan IPFS dan *Non-Fungible* Token

Salman El Farisi^{1*}, Akhmam Fahmi², Alfian Nur Usyaid¹, Fatiah Al-Zahra¹

¹ Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

² Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

* Corresponding author: salman@nurulfikri.ac.id

Sitasi: S. E. Farisi, A. Fahmi, A. N. Usyaid, and F Al-Zahra, "Prototipe Sistem Penyimpanan Berkas Berbasis *Blockchain* Menggunakan IPFS dan *Non-Fungible* Token," *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 8, no. 4, pp. 903–911, 2026.

Diterima : 21-07-2026
Direvisi : 31-08-2026
Disetujui : 09-09-2026
Diterbitkan : 14-09-2026

Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Abstrak. Pergeseran perilaku masyarakat dari dokumen kertas ke dokumen digital telah meningkatkan kebutuhan akan penyimpanan yang fleksibel dan mudah diakses. Layanan berbasis *cloud* seperti iCloud, Google Drive, dan OneDrive telah menjadi pilihan utama. Namun, ketergantungan pada penyedia *cloud* pihak ketiga berpotensi menimbulkan tantangan tersendiri. Salah satunya adalah kepemilikan data. Penelitian ini berfokus pada penyelesaian masalah kepemilikan data pada penyimpanan berkas berbasis *cloud* melalui pendekatan protokol *non-fungible* token pada jaringan *blockchain*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi potensi penerapan protokol *Non-Fungible* Token pada jaringan *blockchain* sebagai pendekatan baru untuk menjamin kepemilikan berkas digital di layanan penyimpanan *cloud*. Analisis dilakukan dengan menguji kinerja sistem purwarupa dari segi waktu unggah berkas dan efisiensi penggunaan biaya gas pada fungsi kontrak pintar. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata waktu unggah sebesar 13,1 detik, 16,7 detik, dan 18,8 detik untuk ukuran berkas 1 MB, 10 MB, dan 25 MB secara berurutan pada kecepatan jaringan 1024 Kbps, dengan rata-rata biaya gas sebesar 150,38 Gwei atau $1,504 \times 10^{-7}$ ETH (Rp. 11,49). Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan NFT layak diimplementasikan untuk menjamin kepemilikan dokumen pada sistem penyimpanan berkas berbasis *cloud*.

Kata kunci: *Blockchain*; Cloud Storage; *Non-Fungible* Token; IPFS; *Smart Contract*

Abstract. The shift in people's behavior from paper to digital documents has led to an increasing need for flexible and easily accessible storage. Cloud-based services such as iCloud, Google Drive, and OneDrive have become the primary choice. However, dependence on third-party cloud providers has the potential to create its own challenges. One of these is data ownership. This research focuses on addressing data ownership issues in cloud-based file storage through a non-fungible token (NFT) protocol approach on a blockchain network. The purpose of this research is to investigate the potential application of the Non-Fungible Token (NFT) protocol on a blockchain network as a novel approach to ensuring ownership of digital files in cloud storage services. Analysis was conducted by testing the performance of the prototype system in terms of file upload time and the efficiency of gas fee usage in the smart contract function. The test results show average upload times of 13,1 seconds, 16,7 seconds, and 18,8 seconds for file sizes of 1 MB, 10 MB, and 25 MB, respectively, at a network speed of 1024 Kbps, with an average gas fee of 150,38 Gwei or $1,504 \times 10^{-7}$ ETH (Rp. 11,49). These findings suggest that the NFT approach is feasible to implement to guarantee document ownership in cloud-based file storage systems.

Keywords: Blockchain; Cloud Storage; Non-Fungible Token; IPFS; Smart Contract

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong perubahan signifikan dari pengelolaan konten berbasis kertas menuju format digital, hal ini tentunya berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan akan ruang penyimpanan digital yang andal dan mudah diakses. Salah satu solusi yang berkembang pesat saat ini adalah layanan *cloud storage*. Layanan ini memiliki estimasi nilai pasar global mencapai USD 15–18 miliar pada tahun 2024 serta proyeksi laju pertumbuhan tahunan (*Compound Annual Growth Rate* / CAGR) sekitar 18%, hingga diperkirakan mencapai angka USD 169 miliar pada tahun 2037 [1, 2] dengan dominasi pasar yang dikuasai perusahaan raksasa teknologi seperti *Amazon Web Service* (AWS) dengan estimasi pangsa pasar sekitar 30% yang kemudian diikuti oleh Google, Microsoft, dan Alibaba Cloud[3].

Arsitektur yang digunakan oleh sebagian besar layanan penyimpanan berkas berbasis awan bersifat tersentralisasi, di mana seluruh proses penyimpanan, autentikasi, dan pengelolaan data bergantung pada satu entitas penyedia layanan. Arsitektur ini memiliki risiko terjadinya titik kegagalan tunggal (*single point of failure*) yaitu kondisi ketika kegagalan pada satu komponen utama akan menyebabkan lumpuhnya akses terhadap sistem secara menyeluruh. Risiko ini tentunya berdampak negatif terhadap aspek keandalan dan ketersediaan layanan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menjawab permasalahan tersebut adalah dengan membangun sebuah sistem yang terdesentralisasi. Sistem terdesentralisasi adalah sistem di mana kendali, data, dan proses tidak bergantung pada satu entitas pusat, melainkan dibagi ke banyak *node* (komputer atau server) yang saling terhubung dan berkoordinasi[4]. Pendekatan ini memberikan dampak positif terhadap reliabilitas dan availabilitas dari sebuah sistem[5]. Salah teknologi yang dapat digunakan untuk membangun sistem yang terdesentralisasi adalah menggunakan teknologi *Blockchain* dan IPFS.

Selain permasalahan titik kesalahan tunggal, pemanfaatan teknologi *Blockchain* dan IPFS dalam sistem penyimpanan berkas juga dapat menjamin kepemilikan data yang disimpan oleh pengguna. Hal tersebut dapat direalisasikan dengan memanfaatkan protokol *Non-Fungible Token* (NFT / ERC-721) pada jaringan *Blockchain* yang digunakan[6, 7]. NFT merupakan representasi digital yang unik dan tidak dapat ditukar satu sama lain, di mana setiap token memiliki identitas tersendiri yang tercatat secara permanen pada *blockchain*[8]. Legitimasi kepemilikan token NFT dapat dipastikan secara transparan melalui catatan pada *blockchain* yang memuat *wallet address* pengguna, *contract address*, dan *tokenId*[9].

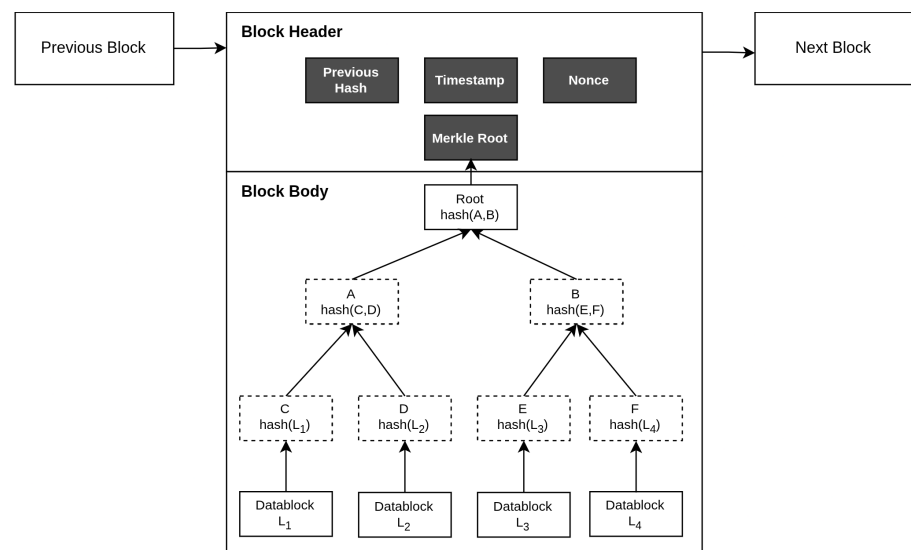
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi pemanfaatan teknologi NFT dan IPFS dalam berbagai konteks. Alnuaimi et al., menunjukkan bahwa kombinasiantara NFT dan IPFS dapat dimanfaatkan untuk melacak serta mengelola sertifikat kepemilikan perhiasan (*proof of ownership*) sekaligus memantau proses pengiriman hingga ke pelanggan (*proof of delivery*) menggunakan NFT ERC-721[10]. Gebreab et al., mengkombinasikan antara protokol NFT dan IPFS untuk melakukan penelusuran kepemilikan (*ownership traceability*) perangkat medis, mulai dari tahap manufaktur, regulator, penjual, hingga pembeli[11]. Jadon et al., mengimplementasikan teknologi NFT dan IPFS pada *platform* media sosial berbasis *blockchain* menggunakan NFT dan IPFS[12].

Secara keseluruhan, berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi antara teknologi NFT dan IPFS memiliki potensi besar dalam menjamin keaslian, kepemilikan, serta ketelusuran aset digital di berbagai domain, mulai dari perdagangan perhiasan, perangkat medis, hingga media sosial berbasis *blockchain*. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada konteks spesifik yang berkaitan dengan aset digital bernilai ekonomi atau konten berbasis transaksi, sementara penerapan konsep serupa pada sistem penyimpanan berkas berbasis awan masih jarang dieksplorasi secara mendalam. Oleh karena itu,

penelitian ini menghadirkan pendekatan baru dengan memanfaatkan kombinasi teknologi NFT dan IPFS untuk membangun ruang penyimpanan berbasis *cloud* yang terdesentralisasi dan tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan, tetapi juga mampu menjamin kepemilikan data pengguna.

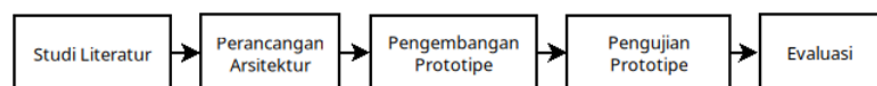
2. Bahan dan Metode

Penelitian ini berfokus pada perancangan arsitektur dan pengembangan prototipe sistem penyimpanan berkas berbasis *blockchain* dengan memanfaatkan protokol NFT dan IPFS. *Blockchain* adalah sebuah teknologi penyimpanan data berbasis rantai blok yang terdesentralisasi dan beroperasi pada jaringan *peer-to-peer* (P2P). Setiap blok pada *blockchain* saling terhubung secara kriptografis dalam sebuah struktur data khusus yang bernama *Merkle Tree* (seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1) [13, 14]. Seluruh data yang tersimpan di dalam jaringan *blockchain* bersifat *immutable* sehingga terjamin integritasnya.



Gambar 1. Ilustrasi Merkle Tree pada blok data *Blockchain*[7].

Inter-Planetary File System (IPFS) merupakan protokol sistem berkas terdesentralisasi dengan mekanisme pengalamatan berbasis kode identifikasi konten / *Content Identifier* (CID). Berbeda dengan *Uniform Resource Locator* (URL) yang mengacu pada lokasi spesifik suatu berkas di server, pengalamatan berbasis konten pada IPFS memungkinkan akses terhadap berkas melalui berbagai pintu / *gateway* dalam jaringan[15, 16]. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan ketersediaan (*availability*) data yang tersimpan, tetapi juga mendukung proses deduplikasi konten.



Gambar 2. Diagram alur penelitian.

Penelitian ini dilakukan melalui lima tahapan yaitu: Studi literatur, perancangan arsitektur, pengembangan prototipe, pengujian, dan evaluasi seperti yang terlihat pada diagram alur penelitian di Gambar 2.

Studi Literatur dilakukan sebagai tahap awal untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai konsep dasar dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik sistem pengarsipan digital berbasis *blockchain* dan NFT. Luaran dari tahap ini berupa daftar pustaka dan hasil kajian literatur yang menjadi dasar konseptual

perancangan sistem.

Tahapan perancangan arsitektur mencakup penyusunan arsitektur dan desain konseptual sistem dengan menggunakan notasi pemodelan *Unified Modeling Language* (UML). Rancangan sistem dibuat berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Luaran dari tahap ini adalah rancangan arsitektur yang menjadi acuan dalam pengembangan prototipe sistem.

Tahapan pengembangan prototipe merupakan tahap realisasi rancangan sistem ke dalam bentuk kode berdasarkan hasil rancangan konseptual yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya. Tujuan pengembangan prototipe ini adalah untuk memastikan bahwa rancangan arsitektur yang telah dibuat dapat diuji dan dievaluasi kelayakannya. Adapun luaran yang dihasilkan pada tahap ini adalah prototipe sistem penyimpanan berkas berbasis *Blockchain* yang dapat digunakan oleh pengguna untuk mengunggah, mengunduh, menyimpan, dan mencari berkas.

Tahapan pengujian dilakukan untuk menguji aspek fungsional dan *non-functional* pada prototipe yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan proses pengunggahan berkas pada prototipe sistem dengan lima buah variasi ukuran berkas. Variasi ukuran berkas digunakan sebagai *variable independen*, sedangkan waktu unggah berkas dan konsumsi *gasFee* pada jaringan *blockchain* digunakan sebagai *variable dependen* yang dievaluasi untuk mengetahui pengaruh perubahan ukuran berkas terhadap kinerja dan biaya proses unggah berkas pada jaringan *blockchain*.

Untuk memudahkan proses pembuatan variasi berkas uji, pengujian dilakukan dengan menggunakan berkas PDF yang divariasikan dengan ukuran berkas 500 KB, 1 MB, 10 MB, 25 MB, dan 50 MB. Masing-masing variasi berkas diunggah sebanyak sepuluh kali (T1–T10) menggunakan peramban Google Chrome dengan fitur throttle koneksi internet pada kecepatan 1024 Kbps. Pengujian dilakukan dalam lingkungan testnet *blockchain* yaitu Base Sepolia Testnet dan layanan *blockchain explorer* sepolia.basescan.org untuk mengakses seluruh data transaksi *blockchain* yang digunakan saat pengujian. Luaran yang dihasilkan pada tahapan ini antara lain adalah data-data kuantitatif hasil pengujian yang nantinya akan digunakan dalam proses evaluasi.

Tahapan evaluasi merupakan tahap akhir yang bertujuan untuk menilai efektivitas sistem berdasarkan hasil pengujian dan analisis performa. Luaran dari tahap ini berupa kesimpulan terhadap keberhasilan sistem dalam menjamin kepemilikan berkas digital secara aman dan terdesentralisasi melalui integrasi protokol NFT dan IPFS.

3. Hasil

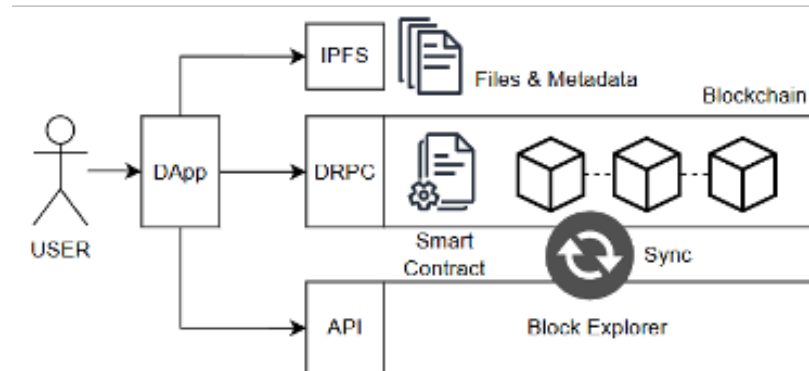
Arsitektur sistem penyimpanan berkas digital berbasis *blockchain* terdiri dari empat buah komponen utama yaitu: *Smart Contract*, *Off-chain Storage Layer* (IPFS), *Block Explorer* dan *Decentralized App* (DApp). *Smart Contract* merupakan komponen yang bertugas untuk menyimpan data kepemilikan setiap berkas yang diunggah oleh pengguna melalui mekanisme tokenisasi metadata berkas ke dalam token NFT. Dalam penelitian ini, *smart contract* dibuat menggunakan *framework* Open Zeppelin dengan standar token ERC-721.

Berikutnya adalah komponen *off-chain storage* yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan metadata dan berkas digital yang diunggah oleh pengguna. Strategi penyimpanan secara *off-chain* digunakan karena ukuran metadata dan berkas terlalu besar untuk disimpan secara langsung pada jaringan *blockchain* (*on-chain*). Lapisan penyimpanan *on-chain* difokuskan hanya untuk menyimpan url metadata berkas untuk mengurangi biaya gas (*gas fee*) pada jaringan *blockchain*.

Komponen berikutnya adalah *Block Explorer* yang digunakan untuk mendapatkan riwayat transaksi yang disimpan di dalam jaringan *blockchain*. Data ini digunakan untuk menampilkan daftar berkas yang sudah diunggah oleh pengguna. Pada penelitian ini, layanan *Block Explorer* yang digunakan adalah Etherscan

yang dipasang pada jaringan Base Sepolia Testnet.

Komponen terakhir adalah DApp yang menjadi pusat interaksi antara pengguna dengan *smart contract* dalam memanfaatkan sistem penyimpanan berkas digital berbasis *blockchain*. Pada penelitian ini, prototipe DApp dibuat dengan menggunakan *framework* javascript NextJS. Detail arsitektur sistem penyimpanan berkas dapat dilihat pada [Gambar 3](#) di bawah ini.



Gambar 3. Arsitektur sistem penyimpanan berkas terdesentralisasi

3.1. Mekanisme unggah berkas

Proses unggah berkas pada sistem repositori berkas digital berbasis *blockchain* diawali ketika pengguna mengunggah berkas melalui decentralized application (DApp), yang kemudian disimpan pada *InterPlanetary File System* (IPFS) untuk memperoleh *Content Identifier* (CID) sebagai penanda unik berkas. Setelah itu, sistem membentuk metadata berkas yang juga diunggah ke IPFS guna menghasilkan *Uniform Resource Identifier* (URI) sebagai referensi permanen terhadap metadata tersebut. Proses pencatatan kepemilikan berkas dilakukan dengan memanfaatkan protokol NFT ERC-721 dengan cara mentokenisasi metadata berkas yang diunggah sebagai token NFT melalui sebuah proses yang disebut minting.

Setiap token NFT yang terbentuk pada proses minting akan memiliki *tokenID* yang dicatat di dalam blok data bersamaan dengan *wallet address* pengguna sebagai bukti kepemilikan dari token berkas tersebut. Seluruh transaksi yang terjadi saat pengunggahan berkas tercatat di dalam *log blockchain* sebagai bentuk transparansi terhadap transaksi yang terjadi. Detail algoritma unggah berkas dapat dilihat pada pseudocode [Algoritma 1](#) di bawah ini.

Algoritma 1. Pengunggahan berkas menggunakan protokol IPFS dan NFT

Algorithm UploadFileToBlockchainRepository

Input: file

Output: tokenID

```

1: BEGIN
2:   user_file ← selectFile()
3:   CID_file ← IPFS.upload(user_file)
4:   metadata ← {
5:     file_name: user_file.name,
6:     file_size_kb: getFileSize(user_file),
7:     file_type: getFileType(user_file),
8:     created_at: getCurrentDateTime(),
9:     cid: CID_file
10:  }
11:  CID_metadata ← IPFS.upload(metadata)
12:  URI ← "https://ipfs.io/ipfs/" + CID_metadata
13:  tokenID ← ERC721.safeMint(URI)
14:  RETURN tokenID
15: END

```

3.2. Mendapatkan detail berkas

Proses mendapatkan data detail informasi berkas yang diunggah juga dilakukan menggunakan protokol NFT ERC-721 melalui fungsi `getTokenURI(tokenID)` seperti yang tercantum pada pseudocode Algoritma 2. Fungsi `getTokenURI(tokenID)` pada ERC-721 ditujukan untuk mendapatkan URI metadata untuk setiap token NFT yang disimpan di dalam *smart contract*. Setelah mendapatkan URI metadata, berikutnya pengguna dapat mencari metadata tersebut pada IPFS untuk mendapatkan informasi mengenai `file_name`, `file_size`, `file_type`, dan CID. Informasi CID pada metadata token NFT dapat digunakan untuk mencari berkas yang diunggah pada jaringan IPFS.

Algoritma 2. Mendapatkan detail informasi berkas

Algorithm GetFileDetailFromBlockchainRepository

Input: tokenID

Output: file_name, file_size_kb, file_type, CID

```

1: BEGIN
2:   URI ← ERC721.getTokenURI(tokenID)
3:   metadata ← IPFS.fetch(URI)
4:   file_name ← metadata.file_name
5:   file_size_kb ← metadata.file_size_kb
6:   file_type ← metadata.file_type
7:   CID ← metadata.cid
8:   RETURN file_name, file_size_kb, file_type, CID
9: END

```

3.3. Verifikasi kepemilikan berkas

Proses verifikasi kepemilikan berkas dilakukan sesuai protokol NFT ERC-721. Setiap kepemilikan token (berkas) dapat diverifikasi melalui fungsi `ownerOf(tokenID)` pada *smart contract* ERC 721 dengan memberikan `tokenID` sebagai parameternya dan mengembalikan *wallet address* sebagai nilai kembalinya. Melalui mekanisme ini, setiap pengguna dapat mengetahui pemilik dari setiap berkas yang diunggah. Detail mengenai proses verifikasi kepemilikan berkas dapat dilihat pada pseudocode [Algoritma 3](#) di bawah ini.

Algoritma 3. Verifikasi kepemilikan berkas

```

1: Function ownerOf
2: Input: tokenId
3: Output: ownerAddress
4: Begin
5:   ownerAddress ← _owners[tokenId]
6:
7:   If ownerAddress == NULL_ADDRESS Then
8:     Raise Exception("Token ID does not exist")
9:   EndIf
10:
11:   Return ownerAddress
12: End

```

3.4. Pengujian

Pengujian prototipe dilakukan untuk mengukur kinerja sistem repositori berkas digital berbasis *blockchain* yang dikembangkan melalui integrasi NFT (ERC-721) dan IPFS. Fokus utama pengujian adalah menganalisis waktu unggah berkas (upload time) terhadap berbagai ukuran file untuk menilai performa sistem dalam kondisi jaringan tertentu. Detail hasil pengujian waktu unggah dapat dilihat pada [Tabel 1](#) di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Percobaan Berdasarkan Ukuran Berkas

Percobaan	500KB	1MB	10MB	25MB	50MB
T1	18,84	10,30	14,76	15,60	30,27
T2	12,29	17,05	15,74	20,44	31,96
T3	13,79	12,86	15,31	14,89	22,53
T4	12,71	13,58	16,05	19,58	28,60
T5	13,02	13,58	15,71	19,83	26,61
T6	10,76	13,68	15,27	20,93	20,84
T7	11,75	14,06	24,65	20,39	37,35
T8	14,15	12,00	14,02	18,89	34,97
T9	13,17	12,58	15,84	20,19	25,91
T10	12,63	12,27	20,46	17,26	23,95
μ	13,31	13,19	16,78	18,80	28,29
SD	2,17	1,74	3,25	2,14	5,37
RSD (%)	16,31	13,20	19,39	11,39	19,00

Selain pengujian terhadap waktu unggah, penelitian ini juga melakukan analisis konsumsi gas fee untuk mengevaluasi efisiensi eksekusi fungsi *smart contract* pada jaringan *blockchain*. Data diperoleh melalui *block explorer* Basescan pada jaringan Base Sepolia Testnet dengan *contract address* 0x2dC3509f5e421188AeF13337945fc28E5F543DC4 yang merekam setiap transaksi minting token NFT menggunakan fungsi `safeMint()` pada kontrak ERC-721. Setiap transaksi menghasilkan informasi teknis berupa *gas used* dan *gas price*, yang kemudian digunakan untuk mendapatkan total biaya gas dalam satuan wei dan dikonversi ke Ether (ETH). Detail data *gas price* dan *gas used* yang digunakan saat proses pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data penggunaan *gas fee* dalam proses pengunggahan berkas

Block Number	Timestamp	Function Name	Gas Price	Gas Used
32819354	1761406996	<code>safeMint</code>	1.000.061	150.352
31373481	1758515250	<code>safeMint</code>	1.000.192	150.352
31251913	1758272114	<code>safeMint</code>	1.000.200	150.352
31247773	1758263834	<code>safeMint</code>	1.000.214	150.352
31247667	1758263622	<code>safeMint</code>	1.000.219	150.352
31247054	1758262396	<code>safeMint</code>	1.000.204	150.352
31246945	1758262178	<code>safeMint</code>	1.000.195	150.352
31244019	1758256326	<code>safeMint</code>	1.000.177	150.352
31243915	1758256118	<code>safeMint</code>	1.000.172	150.352
31210199	1758188686	<code>safeMint</code>	1.000.057	150.352
μ			1.000.169	150352

4. Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian, rata-rata waktu unggah memiliki kecenderungan meningkat seiring bertambahnya ukuran file. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran berkas yang diunggah mempengaruhi waktu yang diperlukan dalam proses unggah berkas. Semakin besar ukuran berkas, maka semakin besar pula waktu unggahnya.

Selain peningkatan rata-rata waktu unggah, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa nilai *relative standard deviation* (rsd) pada data pengujian ini relatif besar (di atas 10%) terutama untuk data berukuran 10MB (19,39%) dan 50MB (19,00%). Hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu unggah pada ukuran file tersebut cukup besar. Variasi tersebut diduga karena adanya ketidakstabilan koneksi internet yang digunakan dalam proses pengujian.

Dari sisi penggunaan sumber daya *blockchain*, berdasarkan data *gas used* yang diperoleh dari Block Explorer, nilai *gas fee* yang digunakan dalam proses minting konsisten di angka 150.352 unit gas. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan sumber daya komputasi *blockchain* dalam eksekusi fungsi `safeMint()` bersifat stabil meskipun ukuran berkas yang diunggah berbeda-beda. Hal ini terjadi karena fungsi `safeMint()` hanya digunakan untuk menyimpan alamat metadata berkas yang disimpan pada jaringan IPFS.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, sistem mampu memproses unggahan file dalam waktu yang relatif dapat diterima (*acceptable*) untuk ukuran file kecil hingga menengah. Selain itu, berdasarkan data yang diperoleh dari Block Explorer, penggunaan sumber daya komputasi *blockchain* (*gas used*) untuk setiap berkas yang diunggah relatif stabil untuk berapapun besarnya ukuran berkas yang diunggah yaitu sekitar 150.352 unit gas. Dengan harga per unit gas pada jaringan Base Sepolia Testnet adalah 1.000.169 wei, maka total harga transaksi (*gas fee*) untuk setiap berkas yang diunggah adalah $1,504 \times 10^{11}$ wei atau $1,504 \times 10^{-7}$ ETH yang setara dengan Rp. 11,49 (berdasarkan kurs **CoinMarketCap** pada saat pengujian). Angka ini terbilang sangat murah untuk sebuah layanan dengan potensi skalabilitas yang tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem penyimpanan berkas berbasis NFT dan IPFS berpotensi untuk dapat dijadikan alternatif layanan penyimpanan berkas berbasis awan yang konvensional yang masih bersifat terpusat.

Pernyataan Penggunaan Artificial Intelligence. Penulis menggunakan ChatGPT untuk MEREKOMENDASIKAN perbaikan terhadap tata bahasa, struktur penulisan, serta metode pengolahan data terhadap karya ilmiah yang dibuat. Seluruh keluaran yang dihasilkan oleh AI telah diperiksa dan diverifikasi oleh penulis. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas isi artikel.

Pernyataan Kontribusi Penulis. SEF (Inisial Penulis 1) berkontribusi dalam ketua peneliti dan bertanggung jawab dalam konseptualisasi, metodologi, pengumpulan data, analisis penelitian, dan menuliskan laporan penelitian. AF (Inisial Penulis 2) berkontribusi sebagai kordinator tim dalam menjalankan proyek penelitian. AN (Inisial Penulis 3) berkontribusi dalam pengembangan prototipe. FA (Inisial Penulis 4) Bertanggung jawab dalam melakukan pengujian. Seluruh penulis telah membaca, meninjau, dan menyetujui versi akhir artikel serta bertanggung jawab atas seluruh aspek penelitian dan publikasi.

Pernyataan Konflik Kepentingan. Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian, kepengarangan, dan publikasi artikel ini.

Pernyataan Pendanaan. Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemdiktisaintek) melalui skema Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2025, dengan nomor kontrak induk 125/C3/DT.05.00/PL/2025, nomor kontrak turunan 8095/LL4/PG/2025, dan nomor kontrak pelaksana 145/SPK/LPPM/STTNF/VI/2025.

Ucapan Terima Kasih. Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemdiktisaintek) yang telah memberikan dukungan dan pendanaan terhadap penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) dengan nomor kontrak induk 125/C3/DT.05.00/PL/2025, nomor kontrak turunan 8095/LL4/PG/2025, dan nomor kontrak pelaksana 145/SPK/LPPM/STTNF/VI/2025. Dukungan ini menjadi kontribusi penting dalam terlaksananya penelitian serta pengembangan hasil yang dipaparkan dalam karya ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Fact.MR, "Consumer cloud storage services market study by 50 gb to 999 gb, 1 tb to 9.99 tb, and 10 tb and above for public, private, and hybrid cloud from 2024 to 2034," Aug. 2024. <https://www.factmr.com/report/consumer-cloud-storage-services-market>.
- [2] Research Nester, "Consumer cloud storage services market size & share, by storage (50 gb-999 gb, 1 tb-9.99 tb, ≥ 10 tb), user age (< 18 years, 18-40 years, > 40 years) – global supply & demand analysis, growth forecasts, statistics report 2025-2037," Dec. 2024. <https://www.researchnester.com/reports/consumer-cloud-storage-services-market/3863>.
- [3] Omdia, "Omdia: Aws dominated \$57 billion global cloud storage services market in 2023," Jun. 2024. <https://www.prnewswire.com/news-releases/omdia-aws-dominated-57-billion-global-cloud-storage-services-market-in-2023-302174449.html>.
- [4] A. Kumar and V. P. Kumar, "An approach to secure decentralized storage system using blockchain and interplanetary file system," in *2023 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS)*, 2023. <https://doi.org/10.1109/ICBDS58040.2023.10346339>.
- [5] J. Viswanathan and S. U. Kumar, "Blockchain-based decentralized digital forensics case management system using ipfs," in *2024 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS)*, 2024. <https://doi.org/10.1109/ICBDS61829.2024.10837089>.
- [6] M. Madine, K. Salah, R. Jayaraman, A. Battah, H. Hasan, and I. Yaqoob, "Blockchain and nfts for time-bound access and monetization of private data," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 94186–94202, 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204274>.
- [7] W. Ma, X. Wei, and L. Wang, "A security-oriented data-sharing scheme based on blockchain," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 16, 2024. <https://doi.org/10.3390/app14166940>.
- [8] V. S. Tasic, I. Tasic, and M. Veinovic, "The cost-effective management of multiple e-coupons on public ethereum-based chains using nft standard with implicit ownership," *IEEE Access*, 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3476678>.
- [9] Z. Chen and K. Omote, "Toward achieving anonymous nft trading," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 130166–130176, 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.322878>.
- [10] N. Alnuaimi, A. Almemari, M. Madine, K. Salah, H. Al Breiki, and R. Jayaraman, "Nft certificates and proof of delivery for fine jewelry and gemstones," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 101263–101275, 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3208698>.
- [11] S. A. Gebreab, H. R. Hasan, K. Salah, and R. Jayaraman, "Nft-based traceability and ownership management of medical devices," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 126394–126411, 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3226128>.
- [12] S. Jadon, K. Bhat, K. R. Jenni, K. Vedantha, R. R. Likith, and P. B. Honnavalli, "Non-fungible token enhanced blockchain-based online social network," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 92368–92385, 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3422530>.
- [13] K. Li, H. Li, H. Wang, H. An, P. Lu, P. Yi, and F. Zhu, "Pov: An efficient voting-based consensus algorithm for consortium blockchains," *Frontiers in Blockchain*, vol. 3, 2020. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00011>.
- [14] Z. Liu, L. Ren, Y. Feng, S. Wang, and J. Wei, "Data integrity audit scheme based on quad merkle tree and blockchain," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 59263–59273, 2023. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3240066>.
- [15] S. E. Farisi, Y. A. Fitrah, F. A. Zahra, and A. Fahmi, "Penerapan strategi hybrid on-chain/off-chain dalam penyimpanan data pasien rumah sakit pada jaringan blockchain," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 12, pp. 77–83, Jul. 2026. <https://doi.org/10.54914/jtt.v12i1.2693>.
- [16] J. Anthal, S. Choudhary, and R. Shettiyar, "Decentralizing file sharing: The potential of blockchain and ipfs," in *2023 International Conference on Advancement in Computation and Computer Technologies (InCACCT)*, pp. 773–777, 2023. <https://doi.org/10.1109/InCACCT57535.2023.10141817>.